

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-140149

(P2004-140149A)

(43) 公開日 平成16年5月13日 (2004.5.13)

(51) Int. Cl.⁷

F I

テマコード (参考)

H O 1 L 27/146

H O 1 L 27/14

A

4 M 1 1 8

H O 4 N 5/335

H O 4 N 5/335

Q

5 C O 2 4

審査請求 未請求 請求項の数 26 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2002-302873 (P2002-302873)	(71) 出願人	000002185
(22) 出願日	平成14年10月17日 (2002.10.17)		ソニー株式会社
			東京都品川区北品川6丁目7番35号
		(74) 代理人	100089875
			弁理士 野田 茂
		(72) 発明者	馬淵 圭司
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		Fターム (参考)	4M18 AA05 AA10 AB01 BA14 CA04
			CA09 DB16 DD04 DD10 DD12
			EA15 FA06 FA11 FA19 FA24
			FA42
			5C024 BX01 CX04 CX13 CX17 CX41
			CX54 GY31 HX40

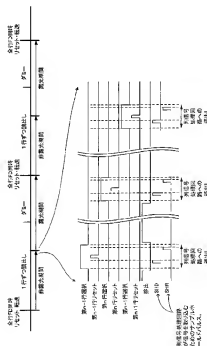
(54) 【発明の名称】 固体撮像素子及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 CMOS型固体撮像素子のような素子構造を有する固体撮像素子を用いて全画面同時シャッター機能を実現する場合に、露光時間が受ける制約を軽減し、迅速な動作で十分な露光時間を確保する。

【解決手段】 埋め込み型PD219の信号電荷をFD216に転送する転送Tr211とは別に、埋め込みPD219の信号電荷を排出するための排出Tr215を設ける。そして、この排出Tr215をONしたときのチャネル電位と、転送Tr211をONしたときのチャネル電位の両方をPD219の完全空乏化電位よりも高くなるように設定する。これにより、PD219の信号電荷を転送Tr211と排出Tr215の両方から完全転送できるようにし、FD216から信号電荷を画素行単位で順次読み出す動作において、その読み出し途中からPD219の露光動作を開始する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の画素を設けた撮像領域部と、前記撮像領域部から出力される画像信号の処理を行う処理回路部とを有する固体撮像素子において、
前記画素は、受光量に応じた信号電荷を生成する光電変換素子と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷を検出するフローティングディフュージョン部と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送する転送トランジスタと、前記前記光電変換素子によって生成された信号電荷を排出する排出トランジスタとを有し、
前記光電変換素子は、半導体基板の最表面に形成される第1導電型高濃度不純物層よりなる電荷分離領域と、前記電荷分離領域の下層に形成される第2導電型不純物層よりなる電荷蓄積領域とを有する埋め込みフォトダイオードより形成され、
前記排出トランジスタをONしたときのチャンネル電位と、前記転送トランジスタをONしたときのチャンネル電位の両方を前記フォトダイオードの完全空乏化電位よりも高くなるように設定した、
ことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 2】

前記フローティングディフュージョン部の信号電荷をリセットするリセットトランジスタと、前記フローティングディフュージョン部の電位に対応した電気信号を出力する増幅トランジスタと、前記増幅トランジスタを選択的に活性化する選択トランジスタとを有することを特徴とする請求項1記載の固体撮像素子。

【請求項 3】

前記転送トランジスタのゲート電極には前記光電変換素子における電荷蓄積期間中に前記転送トランジスタのゲート絶縁膜の界面に第1導電型チャンネル層を形成するための転送バイアス電圧が印加され、前記排出トランジスタのゲート電極には前記光電変換素子における電荷蓄積期間中に前記排出トランジスタのゲート絶縁膜の界面に第1導電型チャンネル層を形成するための排出バイアス電圧が印加されていることを特徴とする請求項1記載の固体撮像素子。

【請求項 4】

前記撮像領域部における全画素のフローティングディフュージョン部を同時にリセットした後、全画素のフォトダイオードの信号電荷を同時にフローティングディフュージョン部に転送し、次に前記フローティングディフュージョン部に転送された信号電荷を各画素行毎に読み出し、この読み出し動作が所定の露光開始行に進むまで前記排出トランジスタをONし、全画素のフォトダイオードの信号電荷を排出するとともに、前記所定の露光開始行に進んだ時点で前記排出トランジスタをOFFし、全画素の露光を開始することとを特徴とする請求項1記載の固体撮像素子。

【請求項 5】

前記転送トランジスタでフォトダイオードの信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送した直後のフォトダイオードの残存電荷が20電荷以下であり、かつ、前記排出トランジスタでフォトダイオードの信号電荷を排出した後のフォトダイオードの残存電荷が20電荷以下であることを特徴とする請求項4記載の固体撮像素子。

【請求項 6】

前記排出トランジスタのON時のゲート電圧レベルが、前記転送トランジスタのON時のゲート電圧レベルよりも高いことを特徴とする請求項4記載の固体撮像素子。

【請求項 7】

前記排出トランジスタのON時のゲート電圧レベルが固体撮像素子に実装されたデジタル回路の電源電圧よりも高い電圧になっていることを特徴とする請求項4記載の固体撮像素子。

【請求項 8】

前記露光開始行の前の画素行において前記フローティングディフュージョン部の信号電荷

10

20

30

40

50

を読み出す動作中は、前記排出トランジスタをOFFすることを特徴とする請求項4記載の固体撮像素子。

【請求項9】

前記転送トランジスタ、リセットトランジスタ、及び増幅トランジスタの各ゲート配線が画素行に沿った方向に設けられ、各画素行毎に駆動され、前記排出トランジスタのゲート配線が画素列に沿った方向に設けられ、さらに撮像領域部の外部で全画素共通に短絡されていることを特徴とする請求項2記載の固体撮像素子。

【請求項10】

複数の画素を設けた撮像領域部と、前記撮像領域部から出力される画像信号の処理を行う処理回路部とを有し、

前記画素は、受光量に応じた信号電荷を生成する光電変換素子と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷量を検出するフローティングディフュージョン部と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送する転送トランジスタと、前記前記光電変換素子によって生成された信号電荷を排出する排出トランジスタとを有し、

前記光電変換素子は、半導体基板の最表面に形成される第1導電型高濃度不純物層よりなる電荷分離領域と、前記電荷分離領域の下層に形成される第2導電型不純物層よりなる電荷蓄積領域とを有する埋め込みフォトダイオードより形成された固体撮像素子の制御方法であって、

前記排出トランジスタをONしたときのチャネル電位と、前記転送トランジスタをONしたときのチャネル電位の両方を前記フォトダイオードの完全空乏化電位よりも高くなるように設定し、

前記フォトダイオードの信号電荷を転送トランジスタと排出トランジスタの両方から完全転送できるようにし、前記フローティングディフュージョン部からの信号電荷の読み出し途中から前記フォトダイオードの露光動作を開始する、

ことを特徴とする固体撮像素子の制御方法。

【請求項11】

前記撮像領域部における全画素のフローティングディフュージョン部を同時にリセットした後、全画素のフォトダイオードの信号電荷を同時にフローティングディフュージョン部に転送し、次に前記フローティングディフュージョン部に転送された信号電荷を各画素行毎に読み出し、この読み出し動作が所定の露光開始行に進むまで前記排出トランジスタをONし、全画素のフォトダイオードの信号電荷を排出するとともに、前記所定の露光開始行に進んだ時点で前記排出トランジスタをOFFし、全画素の露光を開始することとを特徴とする請求項10記載の固体撮像素子の制御方法。

【請求項12】

前記転送トランジスタでフォトダイオードの信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送した直後のフォトダイオードの残存電荷が20電荷以下であり、かつ、前記排出トランジスタでフォトダイオードの信号電荷を排出した後のフォトダイオードの残存電荷が20電荷以下であることを特徴とする請求項11記載の固体撮像素子の制御方法。

【請求項13】

前記排出トランジスタのON時のゲート電圧レベルが、前記転送トランジスタのON時のゲート電圧レベルよりも高いことを特徴とする請求項11記載の固体撮像素子の制御方法。

【請求項14】

前記排出トランジスタのON時のゲート電圧レベルが固体撮像素子に実装されたデジタル回路の電源電圧よりも高い電圧になっていることを特徴とする請求項11記載の固体撮像素子の制御方法。

【請求項15】

前記露光開始行の前の画素において前記フローティングディフュージョン部の信号電荷を読み出す動作中は、前記排出トランジスタをOFFすることを特徴とする請求項11記載

10

20

30

40

50

の固体撮像素子の制御方法。

【請求項 16】

固体撮像素子によって撮像した映像を出力するカメラ装置において、前記固体撮像素子は、複数の画素を設けた撮像領域部と、前記撮像領域部から出力される画像信号の処理を行う処理回路部とを有し、

前記画素は、受光量に応じた信号電荷を生成する光電変換素子と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷量を検出するフローティングディフュージョン部と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送する転送トランジスタと、前記前記光電変換素子によって生成された信号電荷を排出する排出トランジスタとを有し、

前記光電変換素子は、半導体基板の最表面に形成される第1導電型高濃度不純物層よりなる電荷分離領域と、前記電荷分離領域の下層に形成される第2導電型不純物層よりなる電荷蓄積領域とを有する埋め込みフォトダイオードより形成され、

前記排出トランジスタをONしたときのチャネル電位と、前記転送トランジスタをONしたときのチャネル電位の両方を前記フォトダイオードの完全空乏化電位よりも高くなるように設定した、ことを特徴とするカメラ装置。

【請求項 17】

前記固体撮像素子は、前記フローティングディフュージョン部の信号電荷をリセットするリセットトランジスタと、前記フローティングディフュージョン部の電位に対応した電気信号を出力する増幅トランジスタと、前記増幅トランジスタを選択的に活性化する選択トランジスタとを有することを特徴とする請求項 16 記載のカメラ装置。

【請求項 18】

前記固体撮像素子は、前記転送トランジスタのゲート電極には前記光電変換素子における電荷蓄積期間中に前記転送トランジスタのゲート絶縁膜の界面に第1導電型チャネル層を形成するための転送バイアス電圧が印加され、前記排出トランジスタのゲート電極には前記光電変換素子における電荷蓄積期間中に前記排出トランジスタのゲート絶縁膜の界面に第1導電型チャネル層を形成するための排出バイアス電圧が印加されていることを特徴とする請求項 16 記載のカメラ装置。

【請求項 19】

前記固体撮像素子は、前記撮像領域部における全画素のフローティングディフュージョン部を同時にリセットした後、全画素のフォトダイオードの信号電荷を同時にフローティングディフュージョン部に転送し、次に前記フローティングディフュージョン部に転送された信号電荷を各画素毎に読み出し、この読み出し動作が所定の露光開始行に進むまで前記排出トランジスタをONし、全画素のフォトダイオードの信号電荷を排出するとともに、前記所定の露光開始行に進んだ時点で前記排出トランジスタをOFFし、全画素の露光を開始することを特徴とする請求項 16 記載のカメラ装置。

【請求項 20】

前記固体撮像素子は、前記転送トランジスタでフォトダイオードの信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送した直後のフォトダイオードの残存電荷が20電荷以下であり、かつ、前記排出トランジスタでフォトダイオードの信号電荷を排出した後のフォトダイオードの残存電荷が20電荷以下であることを特徴とする請求項 19 記載のカメラ装置。

【請求項 21】

前記固体撮像素子は、前記排出トランジスタのON時のゲート電圧レベルが、前記転送トランジスタのON時のゲート電圧レベルよりも高いことを特徴とする請求項 19 記載のカメラ装置。

【請求項 22】

前記固体撮像素子は、前記排出トランジスタのON時のゲート電圧レベルが固体撮像素子に実装されたデジタル回路の電源電圧よりも高い電圧になっていることを特徴とする請求

10

20

30

40

50

項 1 9 記載のカメラ装置。

【請求項 2 3】

前記固体撮像素子は、前記露光開始行の前の画素行において前記フローティングディフュージョン部の信号電荷を読み出す動作中は、前記排出トランジスタを OFF することを特徴とする請求項 1 9 記載のカメラ装置。

【請求項 2 4】

前記固体撮像素子は、前記転送トランジスタ、リセットトランジスタ、及び増幅トランジスタの各ゲート配線が画素行に沿った方向に設けられ、各画素行毎に駆動され、前記排出トランジスタのゲート配線が画素列に沿った方向に設けられ、さらに撮像領域部の外部で全画素共通に短絡されていることを特徴とする請求項 1 7 記載のカメラ装置。

【請求項 2 5】

前記固体撮像素子のシャッタ動作をフォーカルブレインシャッタ動作と全画素同時シャッタ動作とで切り換える切り換え手段を有することを特徴とする請求項 1 6 記載のカメラ装置。

【請求項 2 6】

前記固体撮像素子における露光時間を選択する露光時間選択手段と、前記露光時間選択手段によって選択された露光時間に基づいて前記所定の露光開始行を選択する露光開始行選択手段とを有することを特徴とする請求項 1 9 記載のカメラ装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子シャッタ機能を備えた CMOS 型イメージセンサ等の固体撮像素子及びその制御方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来より、多くの CMOS 型イメージセンサは電子シャッタ機能を備えているが、CCD 型イメージセンサと異なり、2 次元配列された多数の画素を画素行毎に順次走査して信号のリセットを行うフォーカルブレインシャッタ（ローリングシャッタ）であるため、画面

行ごとに露光期間がずれるという課題がある。

この場合、例えば上下方向にまっすぐな物が横方向に動いているのを撮影した場合に、それが傾いているように写ることになる。

図 7（A）は、その様子を示す説明図であり、各行のリセット後、所定の露光時間後に転送出力（信号読み出し）する動作を各行で順番に行うことになり、この結果、得られる画像は、例えば図 7（C）に示すように、横方向に動いている上下方向にまっすぐな物体 a

は傾いた状態で写ることになる。

【0 0 0 3】

それに対して、全行同時にシャッタを切れるものも存在する。その場合には、フォトダイオード（PD）をある時点で全行同時にリセットし、所定の露光時間後、PD の電荷を全行同時にフローティングディフュージョン（FD）に転送する。この FD の信号を、1 行ずつ順番に出力する。

図 7（B）は、その様子を示す説明図であり、全行の一括リセット後、全行同時転送し、その後、行毎に出力を行う。こうすれば、例えば図 7（D）に示すように、横方向に動いている上下方向にまっすぐな物 a を撮影した場合でも、それがやはりまっすぐ写る。

【0 0 0 4】

また、CMOS 型イメージセンサで全画素のフォトダイオード（PD）の信号電荷を同時リセットするための画素回路構成として、PD の余剰電荷を FD を経由せずに直接ドレインに排出することのできるトランジスタ（排出 Tr）を備えたものも提案されている（特許文献 1 参照）。

【0 0 0 5】

【特許文献 1】

10

20

30

40

50

特開 2001-238132 号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図 7 (B) に示す全画素シャッタ方式の CMOS 型イメージセンサには、以下のような問題があった。

(1) 全行同時に転送した後、画素行毎に順番に出力するまでの間に、FD に光が漏れ込み、その量が先に出力する行と後で出力する行で異なり、撮影画像を悪化させる。

(2) 全行の情報を出力した後に PD をリセットするので、全行同時に転送してから全行の情報を 1 行ずつ出力し終えるまでの間は露光を行えず、時間が無駄になる。また、露光時間を大きくとることが困難であるため、被写体が暗い場合には感度が落ちる。

【0007】

以下、これらの問題点について詳細に説明する。

まず、上記 (1) について、先頭に出力する行と最後に出力する行で、転送してから出力までの時間長さが 1 フレーム読出し時間分異なるので、FD に漏れ込む光の量も、先頭行ではほとんど 0 であるが、最終行では 1 フレーム読出し時間分の漏れ込み量になる。

FD でも光電変換されるので、FD にその光量に対応する電荷が溜り、これが PD から転送された信号電荷に加わってしまう。

これはノイズやシェーディングになるだけでなく、光が強い場合には飽和信号量をも超え、白とびさせてしまう。このように、FD への光の漏れこみは撮影画像を著しく悪化させる。

【0008】

これに関連し、図 8 及び図 9 を用いて説明する。

まず、図 8 は、従来の CCD 型固体撮像素子のフォトダイオード周辺部の構造を示す断面図である。

この CCD 型固体撮像素子は、半導体基板 10 の上層部にフォトダイオード (PD) 12、読み出しチャネル部 14、チャネルストップ部 16、垂直転送レジスタ 18 等が形成され、半導体基板 10 の上面にゲート絶縁膜 20 を介してポリシリコン転送電極 22 が配置され、さらにその上部に絶縁膜 24 を介して遮光膜 26 が配置されている。

遮光膜 26 には PD 12 の受光面に対応する開口部 26A が形成されている。また、この遮光膜 26 の上には平坦化膜 (上層絶縁膜) 28 が形成され、その上層に色フィルタ 30 及びマイクロレンズ 32 が装着されている。

【0009】

このような CCD 型固体撮像素子では、PD 12 の光電荷を、全面同時に読み出しチャネル部 14 を通して垂直転送レジスタ 18 に転送する。

その後、光電荷は垂直転送レジスタ 18 の CCD によって出力アンプ部 (図示せず) まで 1 行ずつ運ばれ、出力される。

図示のように、CCD 型固体撮像素子では、遮光膜 26 となるアルミ等の金属層を PD 12 の直近まで落とし込んで、垂直転送レジスタ 18 に光が漏れ込まないようにしている。それでもわずかに光が垂直転送レジスタ 18 に漏れ込み、これがスミアと呼ばれる縦方向の画像劣化の原因となる。

【0010】

次に、図 9 は、従来の CMOS 型固体撮像素子のフォトダイオード周辺部の構造を示す断面図である。

この CMOS 型固体撮像素子は、半導体基板 (N 型シリコン基板) 40 の上層部に素子形成領域としての P ウェル領域 42、44 が形成され、P ウェル領域 42、44 に PD 46 が各種のゲート素子が形成されている。なお、図示の例は、P ウェル領域 42 に PD 46、転送ゲート (MOSTランジスタ) 48、FD 50 が形成され、P ウェル領域 44 に周辺回路部の MOST ランジスタ 52 が形成されている。

また、半導体基板 40 の上には、ゲート絶縁膜 54 を介して各ゲートのポリシリコン転送電極 56 が形成され、さらにその上層に層間絶縁膜 58 を介して多層配線層 60、62、

10

20

30

40

50

64が形成されている。そして、この多層配線層の上層膜64の配線膜が遮光膜として形成されている。

また、多層配線層の上には、保護膜(SiN)70を介して色フィルタ72、及びマイクロレンズ74が配置されている。

【0011】

このようにCMOS型固体撮像素子においては、画素も周辺回路と同じCMOSプロセスを用いて作るので、PD46の直近まで遮光膜(配線層64)を落とし込むことができず、PD46にだけ光を入射させる構造をつくることができない。

また、金属配線層が何層もあるので、各層で光が乱反射してしまう。このため、図9からわかるように、FD50にはCD型固体撮像素子の場合と比べて多量の光が漏れ込んでしまう。

このように、CMOS型固体撮像素子では、全行同時に転送した場合の画像劣化が激しいという問題がある。

【0012】

次に、上記(2)について、PDのリセットは、PDの電荷をFDに排出することで行う。この時、FDに信号が保持されている状態だと、この信号が壊れてしまうので、全行のFDの信号を読み出した後でなければ、PDのリセットができない。

そこで、上述した特許文献1に開示されるように、PDの余剰電荷をFDを経由せずに直接ドレインに排出することのできるトランジスタ(排出Tr)を備えたCMOSセンサも有るが、これもやはりPDのリセットはFD経由で行う必要があり、よって全行のFDの信号を読み出した後に、PDのリセットを行わないと画像が劣化していた。

それは、PDの電荷をFDに転送する転送Trと、上記排出Trのしきい値などの特性を完全に揃えることができないので、蓄積期間の最初に排出TrでPDをリセットすると、蓄積期間の最後に転送Trで電荷をFDに転送する時にPDをリセットした状態に戻らず、その差が後の回路で除去できない固定パターン雑音や残像などの問題を発生するからである。

よって、良好な画像を得るためには、やはり全行のFDの信号を読み出すまでの間はPDのリセットをできず、露光期間にできないので、感度を落としてしまう。

【0013】

さらに、FDの信号を読み出している途中で排出TrでPDのリセットをすると、上記の問題の他に、PDのリセットをする前と後とで画素の状態が微妙に異なり、撮影画像でその部分に横筋が見えてしまうという問題点もあることが判明した。

また、排出Trがあると、そのゲート下の酸化膜界面から暗電流が発生してPDに流れ込んでしまうという問題点もあることが判明した。

【0014】

そこで本発明の目的は、上述したCMOS型固体撮像素子のような素子構造を有する固体撮像素子を用いて全画面同時シャッタ機能を実現する場合に、露光時間が受ける制約を軽減し、迅速な動作で十分な露光時間を確保し、光の漏れ込みによるノイズ量を相対的に減少させて、良好な画像出力を行うことが可能な固体撮像素子及びその制御方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明は前記目的を達成するため、複数の画素を設けた撮像領域部と、前記撮像領域部から出力される画像信号の処理を行う処理回路部とを有する固体撮像素子において、前記画素は、受光量に応じた信号電荷を生成する光電変換素子と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷量を検出するフローティングディフュージョン部と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送する転送トランジスタと、前記前記光電変換素子によって生成された信号電荷を排出する排出トランジスタとを有し、前記光電変換素子は、半導体基板の最表面に形成される第1導電型高濃度不純物層よりなる電荷分離領域と、前記電荷分離領域の下層に形成される第2導電型不

10

20

30

40

50

純物層よりなる電荷蓄積領域とを有する埋め込みフォトダイオードより形成され、前記排出トランジスタをONしたときのチャネル電位と、前記転送トランジスタをONしたときのチャネル電位の両方を前記フォトダイオードの完全空乏化電位よりも高くなるように設定したことを特徴とする。

【0016】

また本発明は、複数の画素を設けた撮像領域部と、前記撮像領域部から出力される画像信号の処理を行う処理回路部とを有し、前記画素は、受光量に応じた信号電荷を生成する光電変換素子と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷量を検出するフローティングディフュージョン部と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送する転送トランジスタと、前記前記光電変換素子によって生成された信号電荷を排出する排出トランジスタとを有し、前記光電変換素子は、半導体基板の最表面に形成される第1導電型高濃度不純物層よりなる電荷分離領域と、前記電荷分離領域の下層に形成される第2導電型不純物層よりなる電荷蓄積領域とを有する埋め込みフォトダイオードより形成された固体撮像素子の制御方法であって、前記排出トランジスタをONしたときのチャネル電位と、前記転送トランジスタをONしたときのチャネル電位の両方を前記フォトダイオードの完全空乏化電位よりも高くなるように設定し、前記フォトダイオードの信号電荷を転送トランジスタと排出トランジスタの両方から完全転送できるようにし、前記フローティングディフュージョン部からの信号電荷の読み出し途中から前記フォトダイオードの露光動作を開始することとを特徴とする。

【0017】

また本発明は、固体撮像素子によって撮像した映像を出力するカメラ装置において、前記固体撮像素子は、複数の画素を設けた撮像領域部と、前記撮像領域部から出力される画像信号の処理を行う処理回路部とを有し、前記画素は、受光量に応じた信号電荷を生成する光電変換素子と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷量を検出するフローティングディフュージョン部と、前記光電変換素子によって生成された信号電荷を前記フローティングディフュージョン部に転送する転送トランジスタと、前記前記光電変換素子によって生成された信号電荷を排出する排出トランジスタとを有し、前記光電変換素子は、半導体基板の最表面に形成される第1導電型高濃度不純物層よりなる電荷分離領域と、前記電荷分離領域の下層に形成される第2導電型不純物層よりなる電荷蓄積領域とを有する埋め込みフォトダイオードより形成され、前記排出トランジスタをONしたときのチャネル電位と、前記転送トランジスタをONしたときのチャネル電位の両方を前記フォトダイオードの完全空乏化電位よりも高くなるように設定したことを特徴とする。

【0018】

本発明の固体撮像素子及びその制御方法では、各画素の光電変換素子となる埋め込みフォトダイオードの信号電荷をフローティングディフュージョン部に転送する転送トランジスタとは別に、埋め込みフォトダイオードの信号電荷を排出するための排出トランジスタを設け、排出トランジスタをONしたときのチャネル電位と、転送トランジスタをONしたときのチャネル電位の両方をフォトダイオードの完全空乏化電位よりも高くなるように設定することにより、フォトダイオードの信号電荷を転送トランジスタと排出トランジスタの両方から完全転送できるようにした。

【0019】

したがって、移動する被写体の傾きのない撮影を行うために、全画素同時シャッター動作と転送動作を行った後、フローティングディフュージョン部から信号電荷を画素行単位で順次読み出す動作において、その読み出し途中からフォトダイオードの露光動作を開始することが可能となり、迅速な動作で十分な露光時間を確保して高感度の良好な画像出力を実現できる。また、十分な露光時間を確保によって、光の漏れ込みによるノイズ量を相対的に減少させることができ、この点からも良好な画像出力を実現できる。また、このような固体撮像素子を搭載したカメラ装置においても同様に、十分な露光時間を確保して高感度の良好な画像出力を実現できる。

【0020】

10

20

30

40

50

【発明の実施の形態】

以下、本発明による固体撮像素子、カメラ装置、及びその制御方法の実施の形態例について説明する。

本実施の形態例は、CMOS固体撮像素子のPDの両側に排出ゲートと転送ゲートを設けた素子構造とし、また、排出ゲートと転送ゲートの両方でPDに蓄積した電荷を完全リセット・転送できるようにすることで、FDの信号を読み出している途中から蓄積開始できるようにしたものである。

また、排出ゲートと転送ゲートに負電圧を印加することで、暗電流の防止を図るものである。

【0021】

図1は、本発明の実施の形態例によるカメラシステムの構成例を示すブロック図である。このカメラシステムは、撮像レンズ系101、固体撮像素子102、アナログ回路103、A/Dコンバータ104、カメラ信号処理回路105、圧縮伸長回路106、及び記憶媒体107を有している。

まず、撮像レンズ系101から入射した光線は、固体撮像素子102の2次元画素アレイに結像する。固体撮像素子102はCMOS型イメージセンサなどの素子であり、本実施の形態の特徴となる全画素同時シャッタ機能（リセット・FD転送）、及びFDからの行順読み出し機能を有している。

【0022】

アナログ回路103では、CDS（相関二重サンプリング）やAGC（オートゲインコントロール）などの処理を行う。そして、このアナログ回路103で処理された画像信号は、A/Dコンバータ104によりアナログデータからデジタルデータに変換され、カメラ信号処理回路105に出力される。

カメラ信号処理回路105では、固体撮像素子102の出力データから映像信号へ変換するための色信号処理、ゲイン制御処理、ホワイトバランス処理等の信号処理を行う回路である。

圧縮伸長回路106は、カメラ信号処理回路105で処理された画像データの圧縮もしくは伸長を行い、画像を記憶媒体107に記憶できるフォーマットに変換する回路である。記憶媒体107は、例えばメモリスティック等であり、画像データを出力させる手段の例であるが、例えば表示パネルや各種ネットワーク等であってもよい。

【0023】

また、図2は、図1に示す固体撮像素子102及びアナログ回路103の構成例を示すブロック図である。

図示のように、本例の固体撮像素子は、半導体素子基板200上に画素部（撮像領域部）210、定電流部220、列信号処理部（カラム部）230、垂直（V）選択駆動手段240、水平（H）選択手段250、水平信号線260、出力処理部270、及びタイミングジェネレータ（TG）280等を設けたものである。

画素部210は、多数の画素を2次元マトリクス状に配置したものであり、各画素に図3に示すような画素回路が設けられている。この画素部210からの各画素の信号は、各画素列毎に垂直信号線（図2では省略）を通して列信号処理部230に出力される。

定電流部220には各画素にバイアス電流を供給するための定電流源（図2では省略）が各画素列毎に配置されている。

V選択駆動手段240は、画素部210の各画素を1行ずつ選択し、各画素のシャッタ動作や読み出し動作を駆動制御するものである。

【0024】

列信号処理部230は、垂直信号線を通して得られる各画素の信号を1行分ずつ受け取り、列ごとに所定の信号処理を行い、その信号を一時保持する。例えばCDS（画素トランジスタの閾値のばらつきに起因する固定パターンノイズを除去する）処理、AGC（オートゲインコントロール）処理、A/D変換処理等を適宜行うものとする。

H選択手段250は、列信号処理部230の信号を1つずつ選択し、水平信号線260に

導く。

出力処理部270は、水平信号線160からの信号に所定の処理を行い、外部に出力するものであり、例えばゲインコントロール回路や色処理回路を有している。なお、列信号処理部230でA/D変換を行う代わりに、出力処理部270で行うようにしてもよい。タイミングジェネレータ280は、基準クロックに基づいて各部の動作に必要な各種のパルス信号等を供給する。

【0025】

また、図3は、図2に示す固体撮像素子の各画素に設けられる画素回路の構成例を示す回路図である。

図示の構成は、各画素にフォトダイオード(PD)219と転送、増幅、選択、リセット、排出の5つの画素トランジスタ(Tr)211、212、213、214、215を設けたものである。

PD219は、光電変換によって生成された電子を蓄積するものであり、転送Tr211をONすることにより、PD219の電子をフローティングディフュージョン(FD)216に転送する。FD216には寄生容量があるので、ここに光電子が溜められる。

【0026】

増幅Tr212は、ゲートがFD216とつながっており、FD216の電位変動を電気信号に変換する。選択Tr213は信号を読み出す画素を行単位で選択するものであり、この選択Tr213がONしたときには、増幅Tr212と画素の外で垂直信号線217につながる定電流源218とがソースフォロアを組むので、FD216の電圧に連動する電圧が垂直信号線に出力される。

リセットTr214は、FD216の電位をVddの配線にリセットする。

排出Tr215は、PD219の光電子を直接、電源Vddの配線にリセットする。そして、電源Vddの配線は全画素共通となっている。

【0027】

また、転送Tr211、選択Tr213、リセットTr214の配線211A、213A、214Aは、横方向(水平=行方向)に延在し、同一行に含まれる画素を同時に駆動するようになっている。これにより、フォーカルブレインシャッタの駆動にも対応できる。また、排出Tr215の配線215Aは縦に伸びているが、画素部の上端下端で全て短絡され、全画素共通となっている。

【0028】

次に、PD219としては、埋込み型のPDを用いる。埋込み型のPDとは、例えばPウェル中のフォトダイオードの場合、ゲート酸化膜の界面近傍をp+型領域とし、その下にn型領域を形成しているものである。界面がp+領域でカバーされているので、界面で発生する暗電流を防止できる。

また、転送Tr211とPD219の設計を適切にすれば、PD219の光電子をすべてFD216に転送できるので、CCD型センサで広く使われている構造である。例えばHAD(Hole Accumulation Diode)という呼称で商品化されている。

【0029】

そして、このような構成のCMOS型固体撮像素子において、本例の特徴となる事項は、排出Tr215をONしたときのチャネル電位と、転送Tr211をONしたときのチャネル電位の両方を、埋込み型のPD219の完全空乏化電位よりも高くなるように各Tr211、215のゲート電圧としきい値とPD219のドーズ量を調節したことである。これによって、転送Tr211ではPD219の光電子をほぼ全てFD216に転送でき、排出Tr215ではPD219の光電子をほぼ全てドレインに排出することができる。ここで、ほぼ全てとは、デジタルカメラなど人間の鑑賞に堪える画像の場合では、残存電子が約20個以下であれば良いため、このような残存電子を生じる場合を含む意味である。

【0030】

10

20

30

40

50

一般に1つの埋め込みPDに対して2つのTrをどちらも完全転送できるように特性で設けることは難しいものである。また、転送Trが完全転送できるものは既に存在する。そこで、本例では排出Tr 215のON時のゲート電圧を転送Tr 211よりも上げること

で、こちらでも完全転送できるようにする。
特に、これを固体撮像素子にオンチップされたデジタル回路の電源電圧よりも高くすることが好ましく、そのために固体撮像素子の外部から別の電源を供給するか、内部に昇圧回路を設けることにより実現できる。

【0031】

また、本件発明者等は、上述のような構造の固体撮像素子において、転送ゲート電極のオフ時に例えば-1Vの負電圧（ここでは転送バイアス電圧という）を加えることで、転送ゲート部の下の界面からの暗電流（光が入射しなくてもPDに流れ込む電子を成分とする電流）を抑制することを提案している。

これは、転送ゲート電極を負電圧にバイアスすることにより、転送ゲート部におけるゲート酸化膜の界面にP型のチャンネルが形成され、埋め込みPDと同様に界面準位からの暗電流を防止できるからである。

そこで、本実施の形態例では、転送Trのゲート電極に負電圧を印加するとともに、排出Trのゲート電極にも同様に負電圧（ここでは排出バイアス電圧という）を印加することにより、双方のTrにおける暗電流を適正に除去するものである。なお、基準の0VはGNDであり、Pウェル領域も0Vになっている。

このように排出Trのゲート電極に負電圧を印加することにより、転送Trのゲート電極に負電圧を印加した場合と同等の効果が得られることが実測によって確認された。

【0032】

次に、本実施の形態例による固体撮像素子の動作について説明する。

図4は、本例の固体撮像素子の動作を示すタイミングチャートである。

まず、全行同時にFD 216のリセットと、PD 219の光電子のFD 216への転送を行う。具体的には、例えば全行のリセット配線214Aにパルスを入れて全画素のFD 216をリセットし、さらに全行の転送配線211Aにパルスを入れて全画素のPD 219の光電子をFD 216に転送する。

それからFD 216の信号を1行ずつ読み出す。ここで1フレームの期間は1/30秒等、ある一定期間に決まっているので、全行を読み出した後は、ダミー出力などで時間を調整する。

【0033】

前述のように従来技術では、露光期間は全行読み出した後の、このダミー期間にしか取れなかった。それが本例では、まだ1行ずつ読み出しているときから露光期間を設定できる。以下、その詳細について説明する。

ここでは、1フレームの第n行までが非露光期間、それ以降が露光期間とし、第n-1行までの動作、第n行の動作、及び第n+1行以降の動作を順次説明する。

【0034】

(1) 第n-1行まで：

選択Tr 213をONすると、その行のFD 216の電位に対応した電圧が垂直信号線217に出力される。この信号を、列信号処理回路230に供給されるサンプルホールドパルスSHDで列信号処理回路230へ取り込む。それからリセットパルスを入れて、その行のFD 216をリセットする。

これにより、FD 216のリセット電位に対応した電圧が垂直信号線217に出力されているので、これを列信号処理回路230に供給されるサンプルホールドパルスSHRで再び列信号処理回路230へ取り込む。

これらの差が信号であるので、列信号処理回路230では差分を取ったり、前述のような信号処理を行う。

排出Tr 215は列信号処理回路230への読み出し期間にはOFFしており、その他の時間にはONし、PD 219の電子をドレインに排出する。この排出Tr 215のゲートは

10

20

30

40

50

、前述のように全面素つながらっているので、全PD219がリセットされている。

【0035】

(2) 第n行:

信号の読み出し動作は同じである。排出Tr215が、この行を境に常にOFFになる。ここからPD219の光電子はPD219に溜ったままになり、露光期間になる。

(3) 第n+1行以降:

信号の読み出し動作は同じである。また、排出Tr215は、常にOFFである。

【0036】

図5は、本例における固体撮像素子のPDとその周辺部の構造を示す断面図である。

この固体撮像素子は、シリコン基板300に設けたPウェル領域310に各素子を形成したものであり、図5では、PD219、FD216、転送Tr211、リセットTr214、排出Tr215を形成した領域を示している。

PD219は、シリコン基板300の最表面に形成されたp+領域219Aと、その下層に形成されたn領域219Bとを有する埋め込み型(HAD構造)のPDとなっている。FD216は、PD219の側方に転送ゲート部(転送Tr211)を介して形成されたn+領域よりなっている。

【0037】

転送Tr211は、PD219とFD216の中間領域を転送ゲート部とし、そのシリコン基板300の上面にゲート絶縁膜320を介してポリシリコン膜よりなる転送電極211Bを形成したものである。

リセットTr214は、FD216の転送Tr211と反対側の領域をリセットゲート部とし、そのシリコン基板300の上面にゲート絶縁膜320を介してポリシリコン膜よりなるリセット電極214Bを形成したものであり、FD216の信号電荷をドレイン214Cに排出する。このドレイン214Cが図示しないコンタクト等を介して電源Vddの配線に接続されている。

【0038】

排出Tr215は、PD219の転送Tr211と反対側の領域を排出ゲート部とし、そのシリコン基板300の上面にゲート絶縁膜320を介してポリシリコン膜よりなる排出電極215Bを形成したものであり、PD219の信号電荷をドレイン215Cに出力する。このドレイン215Cが図示しないコンタクト等を介して電源Vddの配線に接続されている。

なお、各電極211B、214B、215Bの上層には、絶縁膜330を介してさらに上層の積層物が設けられているが、本発明には直接関係しないため説明は省略する。

【0039】

図6は、このような固体撮像素子における電荷読み出し時のポテンシャル遷移を示す説明図であり、下方向に正電位を示している。

図6(1)は全面素リセット直後のポテンシャルであり、各PD219に徐々に光電荷が蓄積されていく。図6(2)は転送Tr211をONして転送ゲートのチャネル電圧をVaとし、PD219の光電荷をFD216に移動する。

図6(3)は転送後の非露光時間の状態を示しており、排出Tr215はOFFのままで、各PD219に徐々に光電荷が蓄積されていく。

次に、図6(4)は排出Tr215をONした状態を示しており、排出ゲートのチャネル電圧をVbとし、PD219の光電荷を排出Tr215のドレイン215Cに出力する。

なお、転送Tr211と排出Tr215の特性を完全一致させることはできず、VbとVaは異なる値となる(図示の例ではVb>Va(図6では下向き)となっている)。

【0040】

以上のような本実施の形態例における第1の特徴点は、PD219がHAD構造であり、かつ排出Tr215のON時のチャネル電圧がPD219の空乏化電位よりも高く、PD219の電子をほぼ全て排出できることである。これによってPD219の残存電子がほぼ0になるので、排出Tr215の特性がばらついてPD219の初期状態に大きなば

10

20

30

40

50

らつきが発生しない。

また、第2の特徴点は、転送Tr211のON時のチャネル電圧もPD219の空乏化電位よりも高く、PD219の電子をほぼ全て転送できることである。これによってPD219の残存電子がほぼ0になるので、転送Tr211の特性がばらついていても、PD219の転送後の状態に大きなばらつきが発生しない。

【0041】

これら2つの特徴点により、PD219の蓄積開始時と転送後の状態がほぼ等しくなるので、両方を違うトランジスタで規定するにもかかわらず、良好な画像信号が得られる。よって、画質の悪化を避けながら、露光開始を排出Tr215で規定することが可能になり、よって、まだFD216の信号を1行ずつ読み出しているときに露光を開始することができるようになる。

10

そして、被写体の明るさに応じて露光開始行nの値は可変に制御できるようになっており、露光開始は1フレームのどの期間にも設定できる。

なお、列信号処理回路230への読み出し中には、非露光期間でも排出Tr215はOFFしておく。このときONしていると、画素の出力が微妙に影響を受ける。この結果、出力画像で、第n行までと、第n行からの信号が微妙に異なり、そこに横筋が見えてしまう。これを防止するために、非露光期間でも露光期間と同じく少なくとも画素の出力中は排出Tr215をOFFする。

【0042】

以上のような構成及び動作によってCMOSセンサで全画面の露光期間の始まりと終わりが同じになる、いわゆる同時シャッタを実現するときに、以下のような効果を得ることができる。

20

(1) 全行の情報を出力している途中にPDをリセットしても画像の悪化を防止できるので、全行同時に転送してから全行の情報を1行ずつ出力し終えるまでの間も画質の悪化を避けながら露光期間に利用でき、十分な露光時間によって感度を上げることができる。

(2) 上記(1)による動作の際に撮影画像に横線が入るのを防止できる。

(3) 転送Trに加えて排出TrのOFF時のゲート電圧も負電圧とすることで、暗電流を大幅に減らすことができる。

【0043】

なお、以上はカメラ装置に設けられたCMOS型固体撮像素子の構成及び動作として説明したが、本発明は単体の固体撮像素子及びその制御方法としても同様に実施できるものである。

30

また、上述した全画素同時シャッタ動作と従来のフォーカルブレインシャッタ動作とを選択して用いるようにすることも可能であり、ユーザが選択できる操作キー等を設けて選択手段とすることも可能である。

また、上述した露光時間についても、ユーザが適宜選択できる操作キー等を設けて選択手段とすることも可能であり、このユーザによって選択された露光時間に応じて、上述した露光開始行を選択するような制御を行うようにすることが可能である。

【0044】

【発明の効果】

40

以上説明したように本発明の固体撮像素子及びその制御方法では、各画素の光電変換素子となる埋め込み型フォトダイオードの信号電荷をフローティングディフュージョン部に転送する転送トランジスタとは別に、埋め込み型フォトダイオードの信号電荷を排出するための排出トランジスタを設け、排出トランジスタをONしたときのチャネル電位と、転送トランジスタをONしたときのチャネル電位の両方をフォトダイオードの完全空乏化電位よりも高くなるように設定することにより、フォトダイオードの信号電荷を転送トランジスタと排出トランジスタの両方から完全転送できるようにした。

【0045】

したがって、移動する被写体の傾きのない撮影を行うために、全画素同時シャッタ動作と転送動作を行った後、フローティングディフュージョン部から信号電荷を画素行単位で順

50

